

AN: PAT 1979-F2054B
TI: Gas turbine blades cooling system has water sprayed into
air from compressor and mixture carried to blades via wheel
disc rim grooves
PN: **DE2852057-A**
PD: 07.06.1979
AB: System consists of diverting some of the air from the
compressor discharge (12) into a chamber (22) formed by an
annular groove in the rotor assembly (29, 30) and a sleeve (27)
in the casing, via a slot (21) between sleeve and compressor
rotor (30). Water is injected into that air through sprayers
(20) in the sleeve; the mixture then flows through radial holes
(31) into the rotor bore (35). Radial passages (32) from this
through each stage disc lead to annular grooves (33) in the
disc rim and to open-ended coolant ducts (34) through the
blades.;
PA: (HITA) HITACHI LTD;
IN: ANZAI S; KOBAYASHI N; SAKAMOTO T;
FA: **DE2852057-A** 07.06.1979; FR2410729-A 03.08.1979;
GB2009333-A 13.06.1979; US4338780-A 13.07.1982;
CO: DE; FR; GB; US;
IC: F01D-005/18; F02C-007/16;
DC: Q51; Q52;
PR: JP0143870 02.12.1977;
FP: 07.06.1979
UP: 13.07.1982

70

51

Int. Cl. 2:

F01 D 5/18

19

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 28 52 057 A 1

11

Offenlegungsschrift 28 52 057

21

Aktenzeichen:

P 28 52 057.2-13

22

Anmeldetag:

1. 12. 78

43

Offenlegungstag:

7. 6. 79

30

Unionspriorität:

32 33 31

2. 12. 77 Japan P 143870-77

54

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen einer Gasturbinenschaufel

71

Anmelder:

Hitachi, Ltd., Tokio

74

Vertreter:

Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Lamprecht, K., Dipl.-Ing.;
 Beetz jun., R., Dr.-Ing.; Heidrich, U., Dipl.-Phys. Dr.jur., Rechtsanw.;
 Timpe, W., Dr.-Ing.; Siegfried, J., Dipl.-Ing.;
 Schmitt-Fumian, W., Priv.-Doz. Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Pat.-Anwälte,
 8000 München

72

Erfinder:

Sakamoto, Takeshi; Anzai, Shunichi; Kobayashi, Nariyoshi;
 Oshima, Ryoichiro; Ibaraki (Japan)

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

DE 28 52 057 A 1

BEETZ-LAMPRECHT-BEETZ
Steinsdorfstr. 10 · D-8000 München 22.
Telefon (089) 22 72 01 - 22 72 44 - 29 59 10
Telex 522048 - Telegramm Allpatent München

680-29.009P

PATENTANWÄLTE

Dipl.-Ing. R. BEETZ sen.

Dipl.-Ing. K. LAMPRECHT

Dr.-Ing. R. BEETZ jr.

RECHTSANWALT Dipl.-Phys. Dr.-jur. U. HEIDRICH

Dr.-Ing. W. TIMPE

Dipl.-Ing. J. SIEGFRIED

Priv.-Doz. Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. W. SCHMITT-FUMIAN

1. Dez. 1978

A n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Kühlen einer Gasturbinenschaufel,
bei dem Hochdruckluft aus einem Verdichter durch einen Ver-
gasungsbrenner geführt und zu Verbrennungsgas verbrannt wird,
das Verbrennungsgas in eine Hauptgasleitung mit einem darin
befindlichen, die Laufschaufel aufweisenden Schaufelgitter
geleitet wird, und durch die Entspannung des Verbrennungs-
gases Energie entnommen wird,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

Entnehmens eines Teils der Hochdruckluft aus dem Verdichter
zur Verwendung als Kühlmittel;

Sprühen von Wasser in die entnommene Luft, Vermischen von
Wassertropfen mit der Luft und Kühlen der Luft zur Bildung
eines Laufschaufel-Kühlmittels;

Einleiten des Kühlmittels in Kühlmitteldurchgänge im Inneren
der Laufschaufel zur Kühlung derselben; und

Abgeben des Kühlmittels in die Hauptgasleitung nach Kühlung
der Laufschaufel.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

680-(14959-H 5453)-Schö

909823/0774

ORIGINAL INSPECTED

daß beim Herstellen des Kühlmittels das Wasser so versprüht wird, daß das Wasser-Luft-Mischungsverhältnis ein Gewichtsverhältnis von 0,1-0,4 wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,

daß beim Herstellen des Kühlmittels Wasser mit annähernd Normaltemperatur versprüht wird, so daß in dem durch das Einsprühen des Wassers gekühlten Kühlmittel Wassertropfen enthalten sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,

daß das Herstellen des Kühlmittels innerhalb eines Kühlmitteldurchgangs erfolgt, der so ausgebildet ist, daß er von einer Endstufe des Verdichters zu Einlässen der Kühlmitteldurchgänge der Laufschaufel verläuft.

5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

daß das Kühlmittel in einen durch eine Turbinenrotorscheibe und eine Membran definierten Durchgang gesprüht wird, bevor es in einen ersten in der Laufschaufel ausgebildeten Kühlmitteldurchgang eintritt.

6. Kühlvorrichtung für eine Gasturbinenschaufel,
bei der Hochdruckluft aus einem Verdichter durch einen Vergasungsbrenner geführt und zu Verbrennungsgas verbrannt wird, das Verbrennungsgas in eine Hauptgasleitung mit einem darin befindlichen, die Laufschaufel aufweisenden Schaufelgitter geleitet wird, und durch die Entspannung des Verbrennungsgases Energie entnommen wird,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

eine Wassersprühkammer (22) zum Einsprühen von Wasser in aus dem Verdichter (12) entnommene Luft zwecks Herstellens eines gekühlten Kühlmittels;

einen Durchgang (21) zum Einleiten der Luft aus einer Endstufe des Verdichters (12) in die Wassersprühkammer (22);

eine in der Wassersprühkammer (22) angeordnete Düse (20), die über eine Wasserleitung (36) mit einer Wasserversorgung verbunden ist;

einen ersten Kühlmitteldurchgang (34), der in der Turbinenlaufschaufel (7) zum Kühlen derselben ausgebildet ist und turbinenrotorseitig einen Einlaß sowie auf der entgegengesetzten Seite einen Auslaß aufweist, durch den das Kühlmittel in die Hauptgasleitung in Radialrichtung ausströmt; und

einen zweiten Kühlmitteldurchgang (31, 33, 35), durch den die Wassersprühkammer (22) und der Einlaß des ersten Kühlmitteldurchgangs (34) in der Laufschaufel (7) der Turbine verbunden sind.

7. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,

daß die Wassersprühkammer (22) außerhalb einer Welle zwischen dem Endstufenteil des Verdichters (12) und einer Rotorscheibe (6) einer ersten Stufe der Turbine ausgebildet ist, und daß die Düse (20), die mit der von außerhalb eines Gehäuses (1) eingeführten Wasserleitung (36) verbunden ist, an einer ortsfesten Wand (37) an einer Außenseite in Radialrichtung angeordnet ist.

8. Kühlvorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,

daß der zweite Kühlmitteldurchgang umfaßt: einen in einem Mittenteil eines Rotors (30) ausgebildeten Hohlraum (35),

eine in der Rotorscheibe (6) ausgebildete und mit dem Hohlraum (35) in Verbindung stehende Öffnung (32), und einen Verteiler (33).

9. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wassersprühkammer (22A) ein Teil (38) eines Hohlraums (35), der den Mittenteilen einer Welle des Verdichters (12) und der Turbine gemeinsam ist, ist, daß die Düse (20A) an der in dem Hohlraumteil (38) positionierten Wasserleitung (36A) angeordnet und die Welle (30) durchsetzend eingeführt ist, und daß der zweite Kühlmitteldurchgang den Hohlraumteil (38), eine in der Turbinenrotorscheibe (6) ausgebildete Öffnung (32) und einen Verteiler (33), der in einem Turbinenlaufschaukel-Befestigungsteil der Rotorscheibe (6) ausgebildet ist, umfaßt (Fig. 2).

10. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wassersprühkammer (22B) außerhalb des Turbinengehäuses (1) angeordnet ist, und daß der zweite Kühlmitteldurchgang umfaßt: einen Kanal (45), der durch die Turbinenrotorscheibe und eine an einer Leitschaukel (2) der Turbinenrotorscheibe gegenüberliegend angeordnete Membran (44) definiert ist, eine Kühlmittelsprühdüse (43), die an der Membran (44) befestigt ist, eine die Sprühdüse (43) und die Wassersprühkammer (22B) verbindende Leitung (42) und einen in einem Fußteil der Laufschaukel (7) ausgebildeten Verteiler (33B) (Fig. 3).

HITACHI, LTD., Tokyo,
Japan

Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen einer
Gasturbinenschaufel

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kühlen einer Gasturbinenschaufel, insbesondere ein Kühlverfahren und eine -vorrichtung mit offenem Kreislauf, wobei eine Flüssigkeit in einer Laufschaufel einer Hochtemperatur-Gasturbine genutzt wird.

Der Wärmewirkungsgrad von Gasturbinen wird dadurch verbessert, daß die Temperatur oder der Druck eines Gases am Turbineneinlauf erhöht wird. Bei derzeitigen Gasturbinen werden die Turbinenschaufeln mittels Luft gekühlt, und die Betriebstemperatur ist auf 1100-1200 °C beschränkt. Um Gasturbinen mit einer noch höheren Temperatur arbeiten zu lassen, muß ein Kühlmittel mit größerer Kühlwirkung (normalerweise Wasser) verwendet werden. Ein Turbinenschaufel-Kühlverfahren, bei dem Wasser als Kühlmittel verwendet wird, wurde zwar

noch nicht praktisch angewandt, es wurden jedoch bereits verschiedene Vorschläge gemacht. Ein Beispiel eines solchen Verfahrens ist in der japanischen Patentanmeldungs-Veröffentlichung Nr. 48-25441 angegeben. Dabei wird Wasser von außerhalb eines Turbinengehäuses in eine Düse geleitet, die so angeordnet ist, daß sie sich zum Fußteil einer Laufschaufel erstreckt, die in den Außenumfang einer Rotorscheibe eingesetzt ist; das Wasser wird aus der Düse zum Fußteil der Laufschaufel eingespritzt und fließt durch Kühlmitteldurchgänge, die in der Laufschaufel ausgebildet sind, und tritt an der Laufschaufelspitze aus. Ein solches Kühlverfahren ist zwar insofern vorteilhaft, als die Wärmeübertragungsleistung gut und die Kühlwirkung sehr gut ist, jedoch ergeben sich dabei verschiedene Probleme. Insbesondere sind der Fußteil der Laufschaufel und ein die Laufschaufel umgebender Gehäuseteil einem Verschleiß und einer Beschädigung durch die aus der Düse gespritzten Wassertropfen bzw. durch die aus der Laufschaufelspitze austretenden unverdampften Wassertropfen ausgesetzt. Wenn etwa zu viel Flüssigkeit zugeführt wurde, nimmt die aus der Laufschaufelspitze austretende unverdampfte Flüssigkeit dem Hochtemperatur-Arbeitsgas sehr viel Wärme, um verdampfen zu können, wodurch die Temperatur des Arbeitsgases gesenkt und die Ausgangsleistung der Gasturbine verschlechtert wird. Wenn andererseits auch nur vorübergehend die Wasserzufuhr unterbrochen wird, erhöht sich die Temperatur der Turbinenschaufel sehr plötzlich, da das Kühlmittel nur aus dem aus der Düse abgegebenen Wasser besteht. In diesem Fall bricht entweder die Laufschaufel aufgrund ungenügender Festigkeit, oder die Turbine muß angehalten werden. Da ferner die Laufschaufel eine hohe Temperatur hat, besteht die Gefahr von Filmsieden. Um Filmsieden zu verhindern, müssen große Wassermengen mit hoher Geschwindigkeit durch die Kühlmitteldurchgänge der Schaufel strömen. Dies hat zur Folge, daß die vorher erwähnten unverdampften Flüssigkeitstropfen austreten, so daß das Verschleißproblem erneut auftritt.

Ferner ist bereits ein System bekannt (vgl. die offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 50-73012), bei dem Luft und Wasser in das Innere einer Schaufel durch gesonderte Leitungen eingeleitet und eingespritzt werden, wobei deren Düsentteile so angeordnet sind, daß sie den Innenflächen der zu kühlenden Schaufel gegenüberliegen. Dabei ist der Abstand von den Kühlmittleinspritzöffnungen zu der Schaufelinnenfläche, die zu kühlen ist, gering, und es ist schwierig, ein homogenes zerstäubtes Kühlmittel zu erhalten. Ferner haben die Luft und die Flüssigkeit verschiedene Wichte. Insbesondere in einem Fliehkraftfeld besteht die Gefahr, daß die eine größere Wichte aufweisende Flüssigkeit in die der Umlaufrichtung der Schaufel entgegengesetzte Richtung gedrückt wird und aufgrund der Coriolis-Kraft getrennt von der Luft strömt. Die Flüssigkeit trifft auf den zu kühlenden Teil auf und kühlt ihn, und die Kühlwirkung variiert stark zwischen der Saug- und der Druckseite der Schaufel. Daher entsteht in dem Schaufelwerkstoff ein deutlicher Temperaturgradient, und dies führt zu einer Erhöhung der thermischen Spannungen und bringt die Gefahr einer Verkürzung der Schaufelstandzeit mit sich. Da bei diesem System die Flüssigkeit auf die Schaufel trifft und sie kühlt, ergibt sich wiederum das Problem des Werkstoffverschleißes.

Ferner sind die US-Patentschriften 3 849 026, 3 856 423 und 3 936 227 bekannt, die sich ebenfalls auf das Kühlen von Schaufeln beziehen.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens zum Kühlen einer Hochtemperatur-Gasturbinenschaufel mit hohem Sicherheitsgrad und starker Kühlwirkung sowie einer Kühlvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens; dabei soll die Ausgangsleistung erhöht und der Kühlungsgrad in einfacher Weise geändert werden.

Nach der Erfindung ist vorgesehen, daß Wasser in aus einem Verdichter entnommene komprimierte Luft eingespritzt wird, um durch das eingespritzte Wasser gekühlte Luft zu erhalten, und daß diese Luft dann in das Innere einer Laufschaufel einer Hochtemperatur-Gasturbine zum Kühlen der Laufschaufel geleitet wird.

Die Hochtemperatur- und Hochdruckluft aus dem Verdichter, die zum Kühlen der Laufschaufel zu verwenden ist, wird durch die eingesprützten Wassertropfen zu einem Niedrigtemperatur-Kühlmittel gekühlt, bevor sie in das Laufschaufelinnere eingeführt wird, und dann wird das Kühlmittel erst in die Laufschaufel geleitet. In der Laufschaufel verdampfen die im Kühlmittel enthaltenen Wassertropfen und kühlen die Luft, und die Temperatur des Kühlmittels wird niedriggehalten. Daher kann mit der Luft die erforderliche Kühlung der Laufschaufel zufriedenstellend erreicht werden. Der Kühlungsgrad der Laufschaufel ist in einfacher Weise dadurch regelbar, daß die Menge der in der Luft enthaltenen Wassertropfen eingestellt wird. Das Kühlmittel ist gasförmig, und auf die Laufschaufel oder andere Apparateile trifft kein Wasser auf, so daß keine Beschädigung durch Verschleiß oder Abnutzung zu befürchten ist.

Durch die Erfindung werden also ein Kühlverfahren und eine -vorrichtung angegeben, wobei ein Teil der Hochdruckluft aus dem Endstufenbereich eines Verdichters entnommen und in eine Wassersprühkammer eingeführt wird; Wasser mit Normaltemperatur wird in die Hochdruckluft aus einer in der Wassersprühkammer angeordneten Düse gespritzt, so daß ein gekühltes Kühlmittel erhalten wird. Das Kühlmittel enthält hin und wieder auch Wassertropfen. Das gekühlte Kühlmittel wird in Kühlmitteldurchgänge geleitet, die innerhalb einer Laufschaufel ausgebildet sind, so daß sie von dem Fußteil zur Spitze der

Laufschaufel verlaufen. Wenn das Kühlmittel durch die Durchgänge strömt, wird die Laufschaufel durch das Kühlmittel gekühlt, und nach dem Kühlen wird das Kühlmittel in eine Hauptgasleitung der Turbine abgegeben. Wenn in dem Kühlmittel Wassertropfen enthalten sind, verdampfen sie während des Kühlens der Laufschaufel und kühlen dadurch die Kühlmittelluft, so daß ein Temperaturanstieg des Kühlmittels unterdrückt und die Kühlwirkung erhöht wird.

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Schnittansicht durch ein Ausführungsbeispiel der Kühlvorrichtung nach der Erfindung zum Kühlen der Laufschaufel einer Hochtemperatur-Gasturbine;
- Fig. 2 Schnittansichten, deren jede ein anderes Ausführungsbeispiel der Kühlvorrichtung nach der Erfindung darstellt; und
- Fig. 4 eine Grafik, die die Beziehung zwischen der Temperatur der komprimierten Luft und der der Luft zugesetzten Wassermenge zeigt.

In Fig. 2 ist ein Rotor 30 eines Verdichters 12 einstückig mit einem Rotor 29 einer Turbine 16 gekoppelt, und in einem mittigen Teil des Rotors 30 ist ein Zylinderraum 35 ausgebildet, der bis zum Turbinenrotor 29 verläuft. In dem an die Turbine 16 sich anschließenden Teil des Rotors 30 ist am Außenumfang des Raums 35 eine ringförmige Wassersprühkammer 22 durch eine ortsfeste Ringwand 37 und einen Ringteil 46 des Rotors ausgebildet. Die Wassersprühkammer 22 ist mit der Endstufe des Verdichters 12 durch einen Spalt 21 verbunden und steht mit dem Raum 35 durch mehrere Öffnungen 31 in Verbindung. In der die Sprühkammer 22 umgebenden ortsfesten Wand

37 ist eine Düse 20 so angeordnet, daß sie in die Wassersprühkammer 22 vorsteht. Diese Düse 20 ist mit einer Wasserversorgung (nicht gezeigt) verbunden und an einer Wasserleitung 36 mit einem Absperrorgan 4 befestigt. Der größte Teil der aus der Endstufe des Verdichters 12 austretenden Hochdruckluft wird einem Vergasungsbrenner 14 zugeführt, und Brennstoff 13 verbrennt zu einem Verbrennungsgas, das in ein Schaufelgitter der Turbine 16 eingeleitet wird. Das Schaufelgitter befindet sich in einem Gehäuse 1 und umfaßt eine Leitschaufel 2, die an dem Gehäuse 1 fest angeordnet ist, und eine Laufschaufel 7, die an einer Rotorscheibe 6 befestigt ist und mit dem Rotor umläuft. Der Rotor wird beim Durchgang des Verbrennungsgases durch das Schaufelgitter in Drehbewegung versetzt, und die Energie des Verbrennungsgases wird als Drehkraft entnommen. Die Scheibe 6 des Turbinenrotors 29 weist mehrere Kühlmittelzufuhröffnungen 32 auf, die radial verlaufen und mit einem Verteiler 33 verbunden sind, der so angeordnet ist, daß er einen Fußteil der Schaufel kontaktiert. Das obere Ende des Verteilers 33 ist die Bodenfläche der auf der Rotorscheibe 6 angeordneten Laufschaufel 7, und in der Laufschaufel sind mehrere Kühlmitteldurchgänge 34 so ausgebildet, daß sie von der Bodenfläche der Laufschaufel zu der Schaufelspitze verlaufen. Somit wird ein aus dem Verteiler 33 austretendes Kühlmittel in eine Verbrennungsgas- oder Hauptgasleitung durch die Kühlmitteldurchgänge 34 geleitet. Solche Kühlmitteldurchgänge 32, 33, 34 sind in allen eine Kühlung erfordernden Stufen angeordnet.

Der größte Teil der vom Verdichter 12 komprimierten Luft wird zwar dem Vergasungsbrenner 14 zugeführt, ein Teil der Luft wird jedoch durch den Spalt 21 nahe der Endstufe des Verdichters 12 entnommen und zu Kühlzwecken der Wassersprühkammer 22 zugeführt. Andererseits wird der Düse 20 durch die Wasserleitung 36, die mit einer Wasserversorgung verbunden ist,

Kühlwasser zugeführt, das durch die Düse 20 in die Wassersprühkammer 22 gesprüht wird, zu sehr kleinen Wassertropfen wird und sich gleichmäßig mit der Luft mischt und diese kühlt.

Fig. 4 zeigt beispielsweise, daß, wenn Luft bei Normaltemperatur und unter Normaldruck vom Verdichter 12 auf 15 ata und 10 ata verdichtet wird, ihre Temperatur auf ca. 455 °C bzw. 364 °C steigt. Wenn Wasser mit etwa Normaltemperatur (bei 20 °C) eingesprüht und mit der Luft vermischt wird, fällt die Temperatur des vermischten Kühlmittels mit dem Anstieg der der Luft zugesetzten Wassermenge, d. h. mit steigendem Mischungsverhältnis, ab. Wenn das Mischungsverhältnis ca. 0,13 wird, verbleiben Wassertropfchen in der Kühlmittelluft. Wenn das Mischungsverhältnis über das bestimmte Mischungsverhältnis hinaus angehoben wird, nimmt die Menge der Wassertropfchen zu, jedoch erfolgt der Temperaturabfall des Kühlmittels sehr gelinde. In diesem Fall wird die Temperatur des Kühlmittelgemischs die Sättigungstemperatur entsprechend dem Teil- oder Partialdruck von Dampf. Die einzusprühende Wassermenge ändert sich in Abhängigkeit von der Turbineneinlauftemperatur des Verbrennungsgases. Durch Verstellen des Absperrorgans 4 kann ein geeigneter Wassertröpfchengehalt der Kühlmittelluft erreicht werden. Bei manchen Werten der Turbineneinlauftemperatur des Gases kann zum Kühlen der Laufschaufel ein vermisches Kühlmittel (bestehend aus Luft und Dampf) verwendet werden, das durch Wassertröpfchen gekühlt wurde und keine Wassertröpfchen enthält. Das so erhaltene Kühlmittel wird durch die Mehrzahl Öffnungen 31 in den Raum 35 geleitet. Das Kühlmittel im Raum 35 wird in die Haupt- oder Verbrennungsgasleitung durch den Durchgang 32 in der Rotorscheibe 6, den Verteiler 33 und die Kühlmitteldurchgänge 34 in der Laufschaufel geleitet. Beim Durchströmen der Kühlmitteldurchgänge 34 nimmt das Kühlmittel Wärme von der

Laufschaufel 7 auf und kühlt die Laufschaufel. Gleichzeitig verdampfen die in der Luft des Kühlmittels enthaltenen Wassertröpfchen, und die Lufttemperatur sowie die Dampftemperatur steigen. Dieser Temperaturanstieg wird durch das Verdampfen der Wassertröpfchen des Kühlmittels stark unterdrückt.

Der Kühlmittelstrom wird in einfacher Weise dadurch sichergestellt, daß der Druck durch den Verdichter erhöht wird, daß der statische Druck des durch die Turbinenschaufeln geleiteten Hauptgases aufgrund eines Druckverlusts in dem Vergasungsbrenner 14 sowie in der Turbinenleitschaufel 2 gesenkt wird und eine Umwandlung in dynamischen Druck erfolgt, und daß durch die Hochgeschwindigkeits-Rotation der Rotorscheibe 6 sowie der Laufschaufel 7 eine Fliehkraft erzeugt wird.

Bei einem solchen Aufbau ist die im Kühlmittel enthaltene Wassermenge sehr viel kleiner als in einem vollständig aus Wasser bestehenden Kühlmittel. Aufgrund der geringen Wassermenge verdampft beinahe der gesamte Wassergehalt im Inneren der Laufschaufel, und das aus der Schaufelspitze in die Hauptgasleitung austretende Kühlmittel enthält kein Wassertröpfchen, so daß die Temperatur des Hauptgasstroms nicht abrupt abfällt. Der Temperaturanstieg des Kühlmittels ist aufgrund der Nutzung der Verdampfungserscheinung von Wasser gering, und es wird ein ausreichender Kühlwirkungsgrad erzielt. Ferner treffen die Wassertröpfchen nicht mit Hochgeschwindigkeit auf die Turbinenteile auf, so daß irgendwelche Beschädigungen aufgrund von Verschleiß nicht zu befürchten sind und eine lange Standzeit möglich ist.

Aus dem Wärmeaustauschexperiment ergibt sich, daß der Wärmeübertragungskoeffizient bei Verwendung des aus einem Luft-Wasser-Gemisch bestehenden Kühlmittels 3-10mal so hoch wie

bei Verwendung eines nur aus Luft bestehenden Kühlmittels ist, und zwar für Mischungsverhältnisse von ca. 0,1-0,4. Unter Berücksichtigung der niedrigen Temperatur des Kühlmittelgemischs ist der Kühlwirkungsgrad sehr hoch.

Unter Bezugnahme auf Fig. 2 wird nun ein zweites Ausführungsbeispiel erläutert. Dabei wird die Kühlluft aus einem Extraktionsspalt 21A nahe der Endstufe des Verdichters 12 entnommen. Sie wird in einen im Hauptteil des Rotors 30 des Verdichters 12 ausgebildeten Hohlraum 38 eingeführt und weiter in eine mit dem Hohlraum verbundene Wassersprühkammer 22A geleitet. Eine Wasserleitung 36A ist in die Wassersprühkammer 22A durch den Hohlraum 38 des Rotorhauptteils von der Verdichterseite her eingeführt, und am Vorderende der Wasserleitung ist eine Düse 20A angeordnet. In der Wassersprühkammer wird das Kühlwasser 19 in die Kühlluft in der bereits erläuterten Weise eingespritzt. Die Kühlluft gelangt in den Hohlraum 35, strömt durch die Kühlmittelzufuhröffnungen 32 in der Rotorscheibe 6 der Turbine und kühlt die Laufschaufel 7. Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die gleichen Auswirkungen wie bei dem vorhergehenden erzielt.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel. Dabei wird ein Teil der komprimierten Luft durch ein Luftentnahmerohr 41 und eine Kühlluftentnahmeöffnung 40, die nahe dem Auslaß des Verdichters 12 vorgesehen ist, entnommen und in eine Wassersprühkammer 22B geleitet. In dieser wird das Kühlwasser 19 in die entnommene Luft mittels einer Düse 20B eingespritzt, so daß die Luft gekühlt wird und sehr kleine Wassertropfen darin schweben. In diesem Zustand wird die Luft durch das Gehäuse 1 und weiter durch das Innere einer Leitschaufel 2A mittels einer Kühlmittelleitung 42 geleitet, wonach sie einer Sprühdüse 43 zugeführt wird, die an einer Membran 44 angeordnet ist. Die die Wassertröpfchen enthaltende Kühlluft wird

aus der Sprühdüse 43 zum Fußteil der Laufschaufel 7 gespritzt, strömt durch einen Durchgang 45 im Fuß der Laufschaufel und gelangt zu einem Verteiler 33B, von dem sie durch die in der Laufschaufel 7 ausgebildeten Kühlmitteldurchgänge 34 strömt und diese Laufschaufel kühlt. Nach dem Kühlen wird die Kühlluft in den Hauptgasstrom abgegeben, wie bereits erläutert wurde. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Zustand des die Schaufel kühlenden Kühlmittels der gleiche wie bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen, und die Kühlwirkung ist im wesentlichen gleich. Das Kühlmittel wird zwar aus der Sprühdüse 43 zum Fußteil der Schaufel gespritzt, der Absolutwert des Wassergehalts der Kühlluft ist jedoch viel geringer als bei einem nur aus Wasser bestehenden Kühlmittel, und eine Verschleißgefahr ergibt sich praktisch nicht.

Bei dem erläuterten Verfahren wird also Wasser in die Kühlluft gesprüht und eingespritzt, bevor das Kühlmittel in die Laufschaufel eintritt, so daß die Kühlluft auf eine niedrige Temperatur gekühlt wird und Wassertröpfchen enthält. Daher erfolgt das Kühlen der Turbinenschaufel hauptsächlich durch die Kühlluft, deren Temperaturanstieg durch die Verdampfung unterdrückt wird, und es wird eine hohe Kühlwirkung erzielt. Die Turbinenschaufel kann eine Turbineneinlauftemperatur von ca. 1500 °C ertragen. Andererseits werden die Wassertröpfchen nicht in den Hauptgasstrom abgegeben, so daß eine durch Wassertröpfchen zu befürchtende Abnutzung nicht erfolgt und auch die Temperatur des Hauptgasstroms nicht durch eine Verdampfung von Wassertröpfchen gesenkt wird. Selbst wenn in einem Notfall keine Kühlwasserzufuhr mehr erfolgt, ist der ununterbrochene Kühlluftstrom doch gewährleistet, so daß ein abrupter Temperaturanstieg der Turbinenschaufel verhin-derbar ist.

Bei dem aus einem Wasser-Luft-Gemisch bestehenden Kühlmittel nach der Erfindung werden Wasser und Luft vor ihrer Zufuhr zu der Turbinenschaufel vermischt, so daß eine einzige Art von Kühlmittelzufuhrdurchgängen ausreicht. Da die Entfernung zu der Turbinenschaufel groß ist, wird ein gleichmäßig vermishtes Kühlmittel erhalten, so daß eine gleichmäßige Kühlung der Turbinenschaufel möglich ist. Bei einem nur aus Wasser bestehenden Kühlmittel dagegen wird die Temperatur zu der Sättigungstemperatur des Kühlmitteldrucks zum Zeitpunkt der Verdampfung. Wenn jedoch das Wasser in dem hier angesprochenen Kühlmittelgemisch verdampft, wird die Temperatur die Sättigungstemperatur entsprechend dem Partialdruck des Wasserdampfs in dem Kühlmittelgemisch. Diese Temperatur ist niedrig, und die Turbinenschaufeltemperatur wird daher niedriggehalten.

FIG. 1 2852057

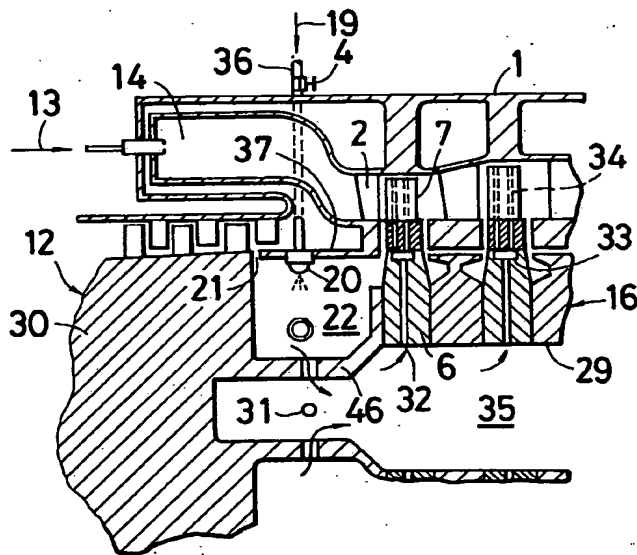


FIG. 2

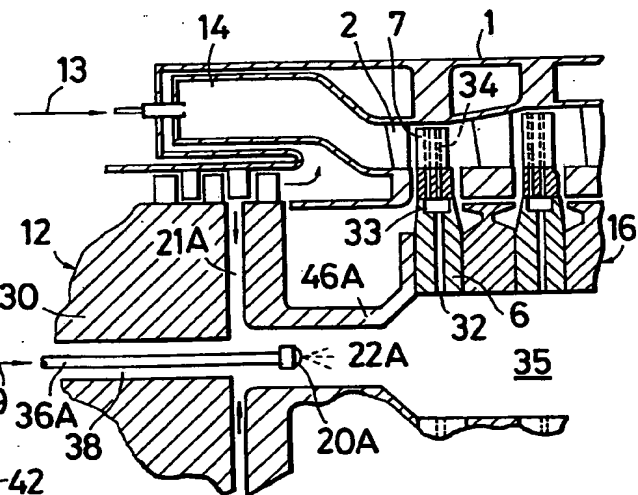


FIG. 3

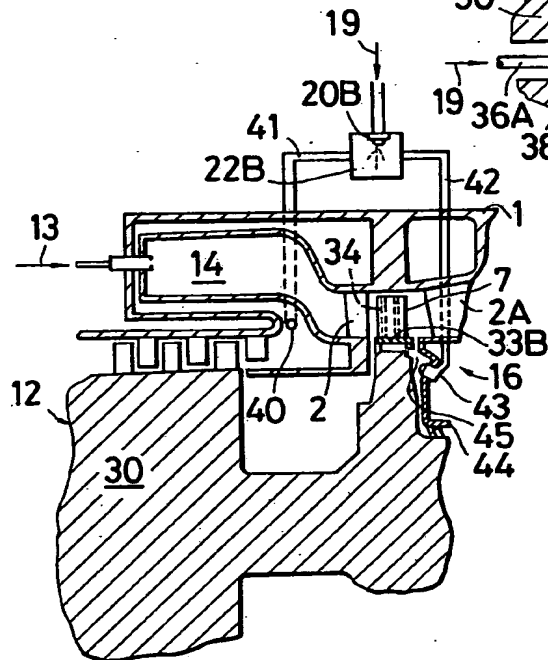


FIG. 4

